



# СТЕРЕОТИПЫ ПОСТУРАЛЬНОЙ ПРИСПОСОБИТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ПОЗВОНОЧНИКА ДО И ПОСЛЕ ОПЕРАТИВНОЙ КОРРЕКЦИИ УКОРОЧЕННОЙ КОНЕЧНОСТИ

А.В. Губин, Д.В. Долганов

Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова, Курган

**Цель исследования.** Анализ возможностей использования компьютерной оптической топографии при определении патогенетического влияния разницы высоты ног на осанку и стереотипы постральной приспособительной активности позвоночника.

**Материал и методы.** Обследованы 59 пациентов 4–29 лет с врожденным и приобретенным укорочением нижней конечности от 2 до 17 см. Пространственные характеристики туловища и позвоночника в ортостатической позе исследовали по 5–10 топографическим снимкам с интервалом от 10 до 20 с при пролонгированном стоянии до 5 мин в условиях полной и частично компенсируемой разницы высоты ног. Топографический контроль позвоночника осуществляли при обследовании пациентов до и после оперативной коррекции укорочения с использованием маркеров.

**Результаты.** При стоянии в ортостатической позе пространственные характеристики туловища изменяются и проявляются в варьировании параметров, характеризующих ориентацию и форму туловища и позвоночника. Пролонгированное исследование постральной активности позволяет инструментально оценивать стереотипы приспособительной активности позвоночника и определять изменения в его кинематической лабильности при использовании функциональных проб.

**Заключение.** Коэффициенты вариации показателей, характеризующих углы дуг деформаций, отражают ригидные свойства искривлений, в стереотипах постральной активности позвоночника они могут служить критериями двигательной патологии. В патогенетическом понимании ригидность деформаций и низкая кинематическая лабильность позвоночно-двигательных сегментов могут рассматриваться по аналогии с длительной суставной иммобилизацией, ведущей к тугоподвижности, миогенным контрактурам (функциональным сколиозам) и анкилозам (фиксированным сколиозам).

**Ключевые слова:** постральная активность позвоночника, компьютерная оптическая топография, разницы высоты ног.

STEREOTYPES OF POSTURAL ADAPTIVE ACTIVITY OF THE SPINE BEFORE AND AFTER SURGICAL CORRECTION OF THE SHORTENED LIMB

A.V. Gubin, D.V. Dolganov

**Objective.** To analyze feasibility of computer optical topography in determining of pathogenetic effect of leg length inequality on posture and stereotypes of adaptive activity of the spine.

**Material and Methods.** The study included 59 patients aged from 4 to 29 years with congenital and acquired lower limb shortening of 2–17 cm. Spatial characteristics of the trunk and the spine in orthostatic position were studied using 5–10 topographic images obtained at 10–20-second time intervals during prolonged standing for up to 5 minutes in the setting of fully or partially compensated leg length discrepancy. Topographic monitoring of the spine with marker was performed before and after surgical correction of limb shortenings. **Results.** Standing in orthostatic position was associated with alteration of spatial characteristics of the trunk, namely variations in orientation and shape of the trunk and the spine. The prolonged study of postural activity allows for instrumental evaluation of stereotypes of the spine adaptive activity and determination of changes in its kinematic lability using functional tests.

**Conclusion.** Coefficients of variation of parameters describing deformity angles represent rigid properties of curvatures, and can serve as criteria of motor pathology in stereotypes of the spine postural activity. Pathogenetically, deformity rigidity and low kinematic lability of vertebral motor segments can be considered similar to the prolonged articular immobilization which leads to stiffness, myogenic contracture (functional scoliosis), and ankylosis (fixed scoliosis).

**Key Words:** postural activity of the spine, computer optical topography, leg length discrepancy.

Hir. Pozvonoc. 2012;(4):32–40.

Даже малая разность высот ног может приводить к возникновению сколиотических деформаций позвоночника [15]. Считается, что формирующиеся в онтогенезе под влиянием аллометрического роста анатомические и функциональные асимметрии в стереотипах локомоторной и постральной активности при чрезмерно высоких и продолжительных нагрузках вызывают патологические изменения в опорно-двигательной системе [8], в частности развитие структурального сколиоза с деформацией тел позвонков [10].

С позиций теории функциональных систем, позвоночник является одним из центральных системобразующих элементов постральной организации в организме и как элемент двигательной системы способен, меняя форму, проявлять соответствующие признаки постральной приспособительной активности. Методика визуально-пальпаторной экспресс-диагностики позволяет по характеристике взаиморасположения элементов костных структур опорно-двигательной системы определять статическую составляющую двигательного стереотипа разных регионов позвоночника, таза, ног и плечевого пояса в трех плоскостях, относительно трех осей [15]. В отличие от визуального контроля, использование компьютерной оптической топографии (КОМОТ) для инструментальной оценки кинематических характеристик позвоночника позволяет более точно в постральных стереотипах выявлять аномальные элементы активности, регистрировать частоту их появления и изучать возможное участие в патогенезе отдельных заболеваний при последующем наблюдении.

С этих позиций стереотип постральной приспособительной активности позвоночника может быть определен как заданная моторными программами совокупность последовательных пространственно-временных характеристик формы и ориентации позвоночника конкретного человека, пребывающего в ортостатической позе

с задачей минимизации постральных колебаний [2, 9]. То есть в заданных условиях приспособительная активность постральной системы направлена на то, чтобы форма и ориентация одного из ее активных системообразующих элементов (позвоночника) обеспечивали необходимые статикокинематические условия для минимизации энергозатрат и постральных колебаний. Соответственно аномальными элементами активности могут рассматриваться изменения в форме и ориентации позвоночника, значения топографических параметров которых превышают  $\pm 2\sigma$ , где  $\sigma$  – среднеквадратическое отклонение, полученное при обследовании пациентов без патологий.

Цель исследования – анализ возможностей использования КОМОТ при определении патогенетического влияния разности высот ног на осанку и стереотипы постральной приспособительной активности позвоночника.

### Материал и методы

Проведен анализ результатов обследования 59 пациентов до лечения, 32 из них – до и после лечения. Возраст обследованных – 4–29 лет; у всех врожденное или приобретенное укорочение нижней конечности от 2 до 17 см. Детей и подростков было 50, взрослых – 9; врожденное укорочение – у 52 (88,1%), посттравматическое – у 7 (11,9%). Проводили полную оперативную коррекцию длины ног методом чрескостного distractionного остеосинтеза.

Мониторинг постральной активности в ортостатике осуществляли методом КОМОТ [14]. В зависимости от возможностей и желания пациента участвовать в исследовании своей осанки, пространственные характеристики туловища и позвоночника оценивали по 5–10 топографическим снимкам с интервалом от 10 до 20 с при пролонгированном стоянии до 5 мин в условиях полной и частично компенсируемой разности высот ног. Имевшуюся в ортостатике разность высот нижних конеч-

ностей компенсировали специальными подставками различной высоты. Критериями компенсации служили минимальная величина разности высот ног при выравнивании перегиба таза до нуля, субъективное ощущение у пациента наибольшей комфортности при стоянии, уменьшение или исчезновение боковых искривлений позвоночника, связанных с укорочением конечности. При большой разнице в длине ног топографический контроль постральных стереотипов осуществляли поэтапно, с шагом компенсации в 1 см. Обследование осуществляли в 3–4 этапа и начинали с привычной разности высот ног (частичная компенсация укорочения) до полного выравнивания таза либо до небольшой гиперкоррекции, если она обеспечивала исчезновение топографических признаков сколиоза. Замена подставок при обследовании чередовалась перерывами отдыха в положении сидя до 5 мин.

Для удобства восприятия и анализа полученной информации интересующие параметры выходных форм топографического обследования визуально отображались в виде таблиц и характеризовали стереотипы постральной активности либо в форме изменчивости пространственных характеристик туловища и позвоночника во временной последовательности (рис.), либо по значениям их математических ожиданий и вариационных характеристик, рассчитанных за контролируемый интервал наблюдения. Полученные для каждого пациента результаты анализировали по качественным (формализованный топографический диагноз по состоянию осанки системы ТОДП) и количественным изменениям в его постральном статусе. После предварительного выявления аномальных элементов осанки на выходных формах и частоты появления их в стереотипах постральной активности позвоночника (топографические проявления деформаций и отклонения контролируемых параметров за пределы значений равных  $\pm 2\sigma$ ) оценивали

ТОРО V8.2 2004

10/08/11

Выбрано 7 из 7 снимков. Страница 1 из 1

15:48:30

Фамилия	Имя	Дата обсл	PTI	PTI_F	PTI_G	PTI_S	S1_IA	ФП	ГП	СП
Дра	на ЕЪэ А	08/28/03	1.6	1.3	1.8	1.5	12.7	ДП-С2	НО-РО	НО-ДН
Дра	на ЕЪэ А	08/28/03	1.5	1.3	1.7	1.4	10.2	ДП-С1	НО-РО	ЗС-Ун
Дра	на ЕЪэ А	08/28/03	1.4	0.9	1.5	1.6	10.0	ДП-С1	НО-РО	НО-ДН
Дра	на ЕЪэ А	08/28/03	1.6	1.1	1.9	1.5	8.0	ДП-С1	НО-РО	НО-ДН
Дра	на ЕЪэ А	08/28/03	1.6	1.4	1.8	1.6	8.7	ДП-С1	НО-РО	НО-ДН
Дра	на ЕЪэ А	08/28/03	1.4	1.0	1.6	1.5	8.0	ДП-С1	НО-РО	ЗС-Ун
Дра	на ЕЪэ А	08/28/03	1.5	1.3	1.9	1.1	4.0	НО-СО	НО-РО	ЗС-Ун

**Рис.**

Выходная форма пролонгированного топографического обследования позной активности за 3-минутный интервал стояния с пятью обобщенными топографическими характеристиками туловища и топографическими диагнозами для фронтальной (ФП), горизонтальной (ГП) и сагиттальной (СП) плоскостей по семи топограммам:

PTI – общий интегральный индекс нарушения формы туловища; PTI\_F – интегральный индекс нарушения формы туловища во фронтальной плоскости; PTI\_G – интегральный индекс нарушения в горизонтальной плоскости; PTI\_S – интегральный индекс нарушения в сагиттальной плоскости; S1\_IA – обобщенный угол основной сколиотической дуги.

Топографические диагнозы, соответствующие нарушениям осанки (НО): во фронтальной плоскости – сколиотической осанке (СО), в горизонтальной – ротированной осанке (РО), в сагиттальной – другим нарушениям (ДН) и уплощению спины в пределах субнормы (ЗС-Уп). ДП-С1 и ДП-С2 – деформации позвоночника, соответствующие сколиозу I и II ст.

их динамику во времени и степень варьирования по коэффициенту вариации (KV), который после обработки изображений туловища (без, с полной и частичной компенсацией длины конечностей) рассчитывали по формуле:  $KV = 100 \times \sigma / M$ , где  $\sigma$  – среднеквадратическое отклонение, M – математическое ожидание параметра.

KV рассчитывали для угла латеральной асимметрии (LA), являющийся аналогом рентгенологического угла Cobb, для дуг в поясничном и грудном отделах позвоночника, для показателя ротации на вершине дуги искривления (P), для обобщенного угла основной и второй дуг искривления позвоночника (S1\_IA и S2\_IA).

При анализе материала дополнительно учитывали следующие топографические показатели: уровень вершин компенсаторных дуг первого и второго порядка (S1 (S2)-L2); угол перекаса таза во фронтальной плоскости относительно горизонтали (FP); угол наклона туловища во фронтальной плоскости относительно вертикали

(FT); угол ротации плечевого пояса относительно таза (GT).

С учетом информационной значимости временного фактора и клинических особенностей обследования каждого пациента (существенные отличия по продолжительности и индивидуальный характер ответных реакций опорно-двигательной системы на компенсацию укорочения) осуществлять статистическую обработку материала на уровне выборочных совокупностей было проблематично, поэтому полученные при анализе результаты и сделанные по ним выводы следует рассматривать как совокупность клинических примеров.

Обработку индивидуальных данных по отдельному пациенту проводили параметрическими методами вариационной статистики с использованием t-критерия Стьюдента.

**Результаты**

У большинства пациентов, наблюдавшихся до оперативного лечения, имелись выраженные асимметрии, про-

являвшиеся в нарушениях осанки и формы позвоночника. По установленным топографическим критериям [13], регистрировавшиеся до оперативного лечения под влиянием разновысокости ног отклонения в форме туловища и позвоночника соответствовали у 11 больных сколиотическим деформациям III ст., у 18 – II ст., у 22 – I ст., лишь у 8 пациентов с величиной укорочения меньше 3 см асимметрии туловища были минимальными и соответствовали только различным нарушениям осанки.

Компенсация укорочения с шагом в 1 см до полного выравнивания таза только в трети случаев частично или полностью корректировала компенсаторную поясничную дугу с гармонизацией осанки в целом. В большинстве наблюдений нарушения осанки либо сохранялись, либо усиливались с ухудшением баланса туловища в одной или нескольких плоскостях.

Следует отметить, что одномоментная компенсация укорочений более 3 см, как правило, вызывала постураль-

ный дисбаланс с нарушением статической устойчивости и опасностью падения пациента с установочного места.

Проведенный анализ стереотипов постральной приспособительной активности показал, что КОМОТ позволяет оценивать кинематические характеристики позвоночно-двигательных сегментов в различных отделах позвоночника. Вариационные параметры показателей, характеризующих форму позвоночника, очень индивидуальны, зависят от уровня локализации, у разных пациентов по-разному реагируют на коррекцию разницы высоты ног.

В табл. 1 представлены средние значения результатов обследования пациентки Д., 11 лет, с врожденным укорочением левой нижней конечности 4,5 см до и после оперативного удлинения левой голени. Согласно представленным данным, при отсутствии компенсации укорочения пере-

кос таза соответствовал  $12,30^\circ \pm 0,79^\circ$ , а диапазон варьирования (минимальные и максимальные значения) угла LA в грудном отделе был в пределах от  $4,0$  до  $15,3^\circ$  ( $KV = 45,3\%$ ), в поясничном – от  $-19,4$  до  $-28,7^\circ$  ( $KV = 12,4\%$ ). Полное выравнивание таза достигалось при компенсации укорочения в 6 см, после чего угол LA в грудном отделе увеличивался, а его варьирование уменьшалось (диапазон от  $17,2$  до  $22,3^\circ$ ,  $KV = 8,8\%$ ), соответственно в поясничном отделе средний угол LA уменьшался, а его варьирование усиливалось (диапазон от  $-9,0$  до  $-17,8^\circ$ ,  $KV = 29,5\%$ ). Получалось, что в процессе компенсации средний угол LA дуги в поясничном отделе уменьшился с  $-25,8$  до  $-13,2^\circ$  ( $P < 0,001$ ), при возрастании KV – в 2,4 раза, в то время как средний угол дуги LA в грудном отделе увеличился с  $9,7$  до  $20,5^\circ$  ( $P < 0,001$ ), при уменьшении KV – в 5 раз. В результате коррекции укорочения

дуга искривления позвоночника в поясничном отделе под влиянием постральных колебаний становилась менее ригидной, в грудном – более ригидной. Иначе говоря, путем подбора постральных условий можно оказывать существенное влияние на кинематическую лабильность позвоночно-двигательных сегментов, характеризующихся KV соответствующих параметров.

При различных величинах компенсации укорочения KV показателей FP, S1\_L2, LA, P, S1\_IA в ответ на компенсацию изменялись в несколько раз и свидетельствовали о нефиксированном характере деформаций позвоночника. После оперативного лечения показатели, характеризующие боковые искривления позвоночника, при исследовании с разной величиной компенсации изменялись еще больше. Так, в ближайшие сроки после лечения при средних зна-

Таблица 1

Средние значения характеристик постральной активности позвоночника пациентки Д., 11 лет, до и после оперативного лечения при различных величинах компенсации укорочения ( $M \pm \sigma$ )

Компенсация	Угол наклона таза во фронтальной плоскости, град.	Уровень вершины основной дуги искривления, %	Латеральная асимметрия, град.	Ротация на вершине дуги искривления, град.	Обобщенный угол искривления, град.
Поясничный отдел до лечения					
0 (n = 7)	$12,30 \pm 0,79$ (6,4)	$33,60 \pm 1,05$ (3,1)	$-25,8 \pm 3,2$ (12,4)	$-4,60 \pm 0,26$ (5,7)	$19,6 \pm 1,8$ (9,2)
3 см (n = 8)	$9,20 \pm 0,84$ (9,1)	$33,80 \pm 0,85$ (2,5)	$-24,2 \pm 2,3$ (9,5)	$-4,7 \pm 0,5$ (10,6)	$19,3 \pm 1,9$ (9,8)
4 см (n = 8)	$6,40 \pm 0,84$ (13,1)	$32,10 \pm 0,28$ (0,9)	$-18,9 \pm 1,9$ (10,0)	$-4,4 \pm 0,5$ (11,4)	$16,0 \pm 1,4$ (8,7)
5 см (n = 8)	$4,20 \pm 0,84$ (20,0)	$32,50 \pm 0,85$ (2,6)	$-17,4 \pm 1,4$ (8,0)	$-4,70 \pm 0,28$ (5,9)	$15,8 \pm 1,1$ (6,9)
6 см (n = 7)	$0,08 \pm 0,13$ (163,0)	$32,40 \pm 0,79$ (2,4)	$-13,2 \pm 3,9$ (29,5)	$-4,60 \pm 0,26$ (5,6)	$13,5 \pm 1,8$ (13,3)
Грудной отдел до лечения					
0 (n = 7)	$12,30 \pm 0,79$ (6,4)	$62,4 \pm 2,1$ (3,3)	$9,7 \pm 4,4$ (45,3)	$2,90 \pm 0,79$ (27,2)	$9,3 \pm 3,2$ (34,4)
3 см (n = 8)	$9,20 \pm 0,84$ (9,1)	$61,4 \pm 1,7$ (2,7)	$16,7 \pm 1,9$ (11,4)	$4,0 \pm 0,6$ (15,0)	$14,3 \pm 1,4$ (9,8)
4 см (n = 8)	$6,40 \pm 0,84$ (13,1)	$58,9 \pm 0,5$ (0,8)	$20,7 \pm 0,8$ (3,8)	$4,6 \pm 0,6$ (13,0)	$17,30 \pm 0,84$ (4,9)
5 см (n = 8)	$4,20 \pm 0,84$ (20,0)	$59,8 \pm 0,8$ (1,4)	$19,60 \pm 0,84$ (4,3)	$4,8 \pm 0,6$ (12,5)	$17,00 \pm 1,13$ (6,6)
6 см (n = 7)	$0,08 \pm 0,13$ (163,0)	$59,8 \pm 1,0$ (1,7)	$20,5 \pm 1,8$ (8,8)	$4,3 \pm 0,5$ (11,6)	$16,7 \pm 1,3$ (7,8)
Грудопоясничный отдел через 6 мес. после лечения					
0 (n = 7)	$-3,40 \pm 0,08$ (2,3)	$49,1 \pm 15,8$ (32,0)	$7,7 \pm 3,9$ (50,6)	$2,5 \pm 1,0$ (40,0)	$7,7 \pm 3,4$ (44,1)
Верхнегрудной отдел через 6 мес. после лечения					
0 (n = 7)	$-3,40 \pm 0,08$ (2,3)	$78,4 \pm 7,9$ (10,0)	$8,6 \pm 2,4$ (27,9)	$2,6 \pm 1,0$ (38,4)	$8,2 \pm 2,1$ (25,6)
Грудопоясничный отдел через 4 года после лечения					
0 (n = 10)	$0,07 \pm 0,12$ (180,0)	–	$-2,1 \pm 4,4$ (-210)	$-0,4 \pm 0,6$ (-150)	$1,6 \pm 2,8$ (175)
Верхнегрудной отдел через 4 года после лечения					
0 (n = 10)	$0,07 \pm 0,16$ (228,0)	$74,2 \pm 2,4$ (3,2)	$12,5 \pm 4,1$ (32,8)	$3,6 \pm 0,6$ (16,6)	$11,8 \pm 2,2$ (18,6)

В скобках – коэффициент вариации, %;

n – количество топограмм.



чениях LA  $7,7^\circ \pm 3,9^\circ$  KV в груднопоясничном отделе составил уже 50,6 %, а в отдаленные сроки при угле LA, равном  $2,1^\circ \pm 4,4^\circ$ , – -210,0 %. В верхнем грудном отделе позвоночника появилась новая дуга бокового искривления. Вновь образовавшаяся дуга оказалась более стабильной, для оцениваемых показателей KV составили 17–40 %.

Рассмотренные варианты постральной активности свидетельствуют о том, что стереотипы краткосрочной и долгосрочной адаптации, как правило, не взаимосвязаны и могут существенно отличаться. Если до оперативного лечения (краткосрочная адаптация на коррекцию) кинематическая лабильность позвоночно-двигательных сегментов под влиянием постральных колебаний снижалась в грудном отделе позвоночника, то после операции (долгосрочная адаптация) ригидные свойства к постральным колебаниям стали больше проявлять верхние грудные отделы позвоночника. Как показали клинические наблюдения, отсутствует линейная зависимость параметров кинематической лабильности позвоночника при постральных колебаниях от величины разницы высотности ног. В зависимости от индивидуальных особенностей, эти свойства позвоночника проявили и диагностическую значимость.

В частности, при неструктуральных сколиозах коррекция укорочения нижней конечности в 43 наблюдениях уменьшала величину деформации позвоночника и увеличивала KV показателей, ее характеризующих (LA и обобщенный угол искривления) до значений, превышающих 15 % уровень. Кроме того, при компенсации укорочения у пациентов с неструктуральными сколиозами в отделах позвоночника возможна инверсия дуг. Основная дуга в одном из отделов может уменьшаться до вспомогательной дуги, а вспомогательная дуга – увеличиваться до основной (табл. 2). Одномоментная коррекция и гиперкоррекция укорочений в случае структуральных сколиозов (16 наблюдений) не приводили для LA и обобщенного угла искривления к увеличению KV до значений более 15 %.

В табл. 2 представлены показатели оптической топографии пациента с неструктуральным сколиозом, а в табл. 3 – со структуральным сколиозом (по данным рентгенографии). Следует отметить, что разброс величин среднеквадратического отклонения показателей относительно среднего при неструктуральном сколиозе колебался до  $\pm 6^\circ$  и более, а при структуральном – не превышал  $\pm 2^\circ$ , что согласуется с данными подобных

исследований [12]. После оперативного удлинения укороченной конечности и устранения разницы высотности осанка обследованных пациентов не улучшалась до гармоничного состояния.

Во всех наблюдениях по-прежнему оставались нарушения, связанные с имевшимися ранее укорочениями. При этом чаще встречались С- или S-образные искривления позвоночника, перекосы таза и латеральные наклоны туловища во фронтальной плоскости. У 32 пациентов, наблюдаемых после оперативной коррекции, полное выравнивание таза зарегистрировано у 8, недостаточное выравнивание таза – у 16, инверсный перекос таза в сторону, противоположную укороченной конечности вследствие намеренного с учетом последующего роста избыточного удлинения конечности, – у 8.

Несмотря на оптимальную хирургическую коррекцию укорочений, у больных с полным устранением перекоса таза во фронтальной плоскости отдельные виды нарушений осанки сохранялись и в отдаленные сроки (до 4 лет) после лечения. При этом у 5 пациентов с полным выравниванием таза, кроме нарушений осанки, обнаруживались топографические признаки сколиотических деформаций

Таблица 2

Показатели оптической топографии при неструктуральном компенсаторном сколиозе\*

Параметры	Без подставки		Подставка 40 мм слева	
	M ± σ	Коэффициент вариации, %	M ± σ	Коэффициент вариации, %
Угол латеральной асимметрии вспомогательной дуги искривления (грудной отдел), град.	9,03 ± 3,14	34,80	-10,68 ± 4,20	39,30
Угол латеральной асимметрии основной дуги (поясничный отдел), град.	-16,05 ± 1,55	9,65	7,75 ± 3,30	42,60
Угол перекоса таза, град.	11,58 ± 0,66	5,70	0,09 ± 0,17	189,00
Угол наклона туловища во фронтальной плоскости, град.	3,42 ± 0,24	7,02	1,53 ± 0,19	12,40
Угол скручивания туловища, град.	4,23 ± 0,58	13,70	3,23 ± 0,63	19,50
Угол наклона кпереди-кзади туловища в сагиттальной плоскости, град.	-1,89 ± 0,45	23,80	-2,21 ± 0,23	10,40
Максимальное отклонение линии остистых отростков, мм	-7,93 ± 1,17	14,70	-6,66 ± 1,23	18,50
Интегральная высота кифоза, мм	20,43 ± 1,05	5,14	18,43 ± 0,63	3,42
Интегральная высота лордоза, мм	14,07 ± 0,96	6,82	12,20 ± 0,40	3,28

\* Данные пациента 14 лет с врожденным укорочением левой нижней конечности на 4 см.

Таблица 3

Показатели оптической топографии при структуральном сколиозе\*

Параметры	Без подставки		Подставка 20 мм слева	
	М ± σ	Коэффициент вариации, %	М ± σ	Коэффициент вариации, %
Угол латеральной асимметрии вспомогательной дуги искривления (верхнегрудной отдел), град.	13,60 ± 1,60	11,80	15,50 ± 2,15	13,90
Угол латеральной асимметрии основной дуги (грудопоясничный отдел), град.	-22,10 ± 0,88	4,00	-18,90 ± 1,83	9,70
Угол перекоса таза, град.	3,12 ± 0,71	22,70	-0,73 ± 0,22	30,10
Угол наклона туловища во фронтальной плоскости, град.	2,56 ± 0,43	16,80	1,75 ± 0,43	24,60
Угол скручивания туловища, град.	-3,88 ± 1,23	31,70	-6,04 ± 1,00	16,60
Угол наклона кпереди-кзади туловища в сагиттальной плоскости, град.	-1,73 ± 0,50	28,90	-1,89 ± 0,35	18,50
Максимальное отклонение линии остистых отростков, мм	-17,40 ± 1,17	6,70	-15,20 ± 2,04	13,40
Интегральная высота кифоза, мм	16,40 ± 0,91	5,50	15,70 ± 1,65	10,50
Интегральная высота лордоза, мм	10,30 ± 0,43	4,20	11,60 ± 0,55	4,74

\* Данные пациента 15 лет с С-образным левосторонним грудопоясничным сколиозом II ст. с вершиной дуги на уровне Th<sub>10</sub>–Th<sub>11</sub>, углом Cobb – 15°.

ций позвоночника I–II ст. У пациентов с сохранявшимися перекосами таза после оперативной коррекции топографические признаки сколиотических деформаций были выражены сильнее, но у 19 они успешно устранялись компенсаторным выравниванием остаточной разновысокости. Если аномальные элементы активности в стереотипах краткосрочной адаптации сохранялись недолго (чаще всего в виде инертности постуральных ответов), то аномальные элементы в стереотипах долгосрочной адаптации могут существовать продолжительное время, не ограничивая подвижности (лабильности) позвоночника.

При обследовании пациентки В., 11 лет, с врожденным укорочением левой нижней конечности в естественной позе зарегистрировали стереотип постуральной приспособительной активности позвоночника, соответствующий сколиозу II ст. (табл. 4). Динамика стереотипа постуральной приспособительной активности позвоночника характеризуется медленно возрастающей величиной обобщенного угла искривления IA и низким значением KV, равного 6,9 %. С учетом величины KV и стабильного нарастания обобщенного угла искривления при постоянстве формализованного топографиче-

ского диагноза можно предположить у пациентки структуральный сколиоз II ст. Функциональная проба с гиперкоррекцией (подставка 3 см слева) изменяет двигательный стереотип позвоночника, боковые дуги искривления либо не определяются, либо соответствуют только сколиотической осанке. За счет гиперкоррекции KV увеличивается до 160 %. После восстановления к исходному состоянию (стояние без подставки) ожидаемое возвращение дуг искривления позвоночника к исходным значениям наступает с запаздыванием в 1 мин. Использованная функциональная проба с постуральной гиперкоррекцией, с одной стороны, исключает структуральный характер деформации и ограничения в кинематической подвижности позвоночника, а с другой – демонстрирует инертность постурального ответа при возвращении позного статуса к исходному состоянию.

### Обсуждение

Образующиеся под влиянием разновысокости ног компенсаторные сколиозы и нарушения осанки в большинстве своем обратимы при коррекции укорочения нижней конечности подставкой или оперативным путем и являются краткосрочными и долгосрочными

постуральными приспособительными ответами опорно-двигательной системы на биомеханически аномальные условия функционирования. Ранее установлено [7], что, в зависимости от срока появления и величины разновысокости ног, приспособительные деформации позвоночника имели неодинаковую степень резистентности к применявшимся корригирующим воздействиям (консервативная терапия деформаций, оперативное устранение разновысокости или ее компенсация подставками). Оказалось, что приспособительные деформации позвоночника у пациентов с приобретенными функциональными укорочениями и малой разновысокостью ног более резистентны к коррекции, чем у пациентов с врожденным укорочением и значительной разновысокостью. Укорочение одной из конечностей не является обязательным патогенетическим фактором в формировании сколиотических деформаций, причины следует искать в других сферах и проявлениях функциональной деятельности.

Пролонгированный топографический контроль стереотипов постуральной приспособительной активности позвоночника при различных величинах коррекции разновысокости ног показал, что, наряду с обратимостью,

Таблица 4

Показатели оптической топографии пациентки В., 11 лет, с врожденным укорочением левой нижней конечности на 2 см

В привычной позе (исходно)							
Время	10:24:19	10:28:14	10:28:43	10:29:10	10:29:53	10:30:19	
Обобщенный угол основной дуги искривления, град.	11,3	13,2	13,2	12,2	12,6	13,8	
Топографический диагноз	ДП-С2	ДП-С2	ДП-С2	ДП-С2	ДП-С2	ДП-С2	
Коэффициент вариации 6,9 %							
Функциональная проба (подставка 3 см слева)							
Время	10:34:09	10:34:42	10:35:07	10:36:14	10:37:02	10:37:45	10:38:28
Обобщенный угол основной дуги искривления, град.	3,4	0	5,2	0	0	0	0
Топографический диагноз	НО-СО	НО-СО	НО-ДН	НО-СО	НО-СО	НО-СО	НО-СО
Коэффициент вариации 160,0 %							
В привычной позе (после пробы)							
Время	10:39:28	10:39:58	10:40:34	10:41:08	10:41:31	10:41:58	10:42:17
Обобщенный угол основной дуги искривления, град.	9,6	10,9	12,2	11,8	11,7	11,8	12,6
Топографический диагноз	ДП-С1	ДП-С1	ДП-С2	ДП-С2	ДП-С2	ДП-С2	ДП-С2
Коэффициент вариации 8,6 %							

НО — нарушение осанки; СО — сколиотическая осанка; ДН — другие фронтальные нарушения; ДП-С1, ДП-С2 — деформации позвоночника, соответствующие сколиозу I и II ст.

компенсаторные деформации проявляются в различном варьировании показателей, характеризующих величину сколиотической дуги. Как правило, при коррекции укорочения нижней конечности с увеличением угла сколиотической дуги KV показатели дуги, отражающих кинематическую лабильность позвоночно-двигательных сегментов, снижались, а при уменьшении — увеличивались. Если учесть, что при идиопатических сколиозах дуги искривления позвоночника на фоне перекоса таза корректируются при устранении этого перекоса очень слабо, а вариабельность углов искривления не превышает  $1,4\sigma$  (15 % по KV), то низкие значения кинематической лабильности позвоночно-двигательных сегментов можно рассматривать одновременно в качестве патогенетического фактора и признака двигательной патологии [4]. В патогенетическом понимании, с известной степенью сходства, их можно рассматривать по аналогии с продолжающейся суставной иммобилизацией [6], ведущей к тугоподвижности (приспособительным деформациям), миогенным контрактурам (функциональным

сколиозам) и анкилозам (фиксированным сколиозам). Эффективность коррекции во многом зависит и от стороны укорочения. Ранее проведенными исследованиями [7] установлено, что при отсутствии достоверных различий в величине разности высотности ног при правостороннем и левостороннем укорочении нижней конечности у пациентов с правосторонним укорочением приспособительные ответы опорно-двигательной системы к компенсации укорочения были более позитивными, а топографические проявления деформаций позвоночника менее выраженными. Кроме того, оказалось, что на приспособительные деформации позвоночника и кинематическую лабильность позвоночно-двигательных сегментов в большей степени влияет не величина, не возраст (продолжительность заболевания) и не локализация укорочения, а степень функционального доминирования опорной конечности [5], проявляющаяся в активности опорных реакций [3].

С позиций теории функциональных систем [1], приспособительная активность реализуется в структу-

ральных перестройках только тогда, когда по ряду обстоятельств имеет место необходимое положительное подкрепление на том же уровне, на котором осуществляется и основная приспособительная деятельность. По-видимому, структуральные изменения в позвоночно-двигательных сегментах начинают формироваться только тогда, когда в условиях латерофлексии, из-за снижения упругости межпозвоноковых дисков, например по причине их дегидратации, нарушается ротационная обратимость позвонков [11], а компенсация малой разности высотности со стороны функционально не доминирующей конечности за счет ротации позвоночника становится единственно рациональным способом постральной адаптации. Деформации позвоночника, обусловленные большими укорочениями, не контролируются функциональной активностью соответствующих позвоночно-двигательных сегментов в полной мере, поэтому не имеют необходимого положительного подкрепления для перехода функциональных адаптаций к структуральным приспособительным ответам.

## Выводы

1. При ортостатическом стоянии в естественной позе пространственные характеристики туловища могут быть количественно определены в динамике методом КОМОТ с оценкой варьирования параметров, характеризующих ориентацию и форму туловища и позвоночника.
2. Пролонгированное исследование постуральной активности позвоночника по данным КОМОТ позволяет качественно и количественно

- оценивать стереотипы постуральной приспособительной активности позвоночника по частоте и выраженности появления аномальных элементов активности, определять изменения в кинематической лабильности позвоночника при постуральных пробах.
3. Вариабельность углов сколиотических дуг отражает ригидные свойства искривлений и в стереотипах постуральной приспособительной активности позвоночника может служить критерием двигательной патологии.

4. Компенсаторные неструктуральные сколиозы при пробах с коррекцией перекоса таза имеют KV для показателей обобщенного угла искривления и латеральной асимметрии более 15 %.
5. Аномальные элементы в стереотипах постуральной активности, сформировавшиеся у пациентов под влиянием разницы высоты ног, не ограничивают лабильность позвоночно-двигательных сегментов, но проявляются в отдаленные сроки после полной оперативной коррекции укорочений.

## Литература

1. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем. М., 1975.
2. Гаже П.-М., Вебер Б. Постурология. Регуляция и нарушения равновесия тела человека. СПб., 2008.
3. Долганов Д.В. Латеральные балансирующие асимметрии опорных реакций в ортостатических стереотипах постуральной активности // Илизаровские чтения: Тез. докл. конф. Курган, 2010. С. 103–105.
4. Долганов Д.В. О критериях двигательной патологии позвоночника в постуральной ортостатической активности // Илизаровские чтения: Тез. докл. конф. Курган, 2011. С. 402–403.
5. Долганов Д.В. Роль латеральных асимметрий в топографических проявлениях деформаций позвоночника при разнице высоты ног // Российский конгресс ASAMI: Тез. докл. Курган, 2009. С. 52–53.
6. Долганов Д.В., Долганова Т.И., Югай А.Е. Биомеханические нарушения условий функционирования мышц как критерий тяжести их функциональных расстройств // II Всерос. конф. по биомеханике памяти Н.А. Бернштейна: Тез. докл. Н. Новгород, 1994. С. 107–108.
7. Долганов Д.В., Меньщикова И.А., Ершов Э.В. Топографический контроль коррекции деформаций позвоночника у пациентов с односторонним укорочением нижней конечности // Хирургия позвоночника. 2010. № 3. С. 42–47.
8. Долганова Т.И., Долганов Д.В., Меньщикова Т.И. и др. Диагностическая информативность медиального смещения траектории проекции общего центра давления у детей и подростков при ходьбе // Рос. журнал биомеханики. 2011. № 2. С. 91–99.
9. Иваничев Г.А. Мануальная медицина. М., 1998.
10. Казьмин А.И., Кон И.И., Бельский В.Е. Сколиоз. М., 1981.
11. Капанджи А.И. Позвоночник: Физиология суставов. М., 2009.
12. Сарнадский В.Н. Компьютерная оптическая топография: вариабельность результатов обследования пациентов со сколиозом в естественной позе // Хирургия позвоночника. 2010. № 4. С. 74–85.
13. Сарнадский В.Н. Формализованный топографический диагноз по результатам скрининг-обследования пациентов в 4 позах // Диагностика, профилактика и коррекция нарушений опорно-двигательного аппарата у детей и подростков: М-лы II Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. М., 2008. С. 153–156.
14. Сарнадский В.Н., Фомичев Н.Г., Садовой М.А. Мониторинг деформации позвоночника методом компьютерной оптической топографии. Новосибирск, 2001.
15. Ситель А.Б., Скоромец А.А., Гойденко В.С. и др. Мануальная терапия, диагностика и лечение заболеваний опорно-двигательной системы // Мануальная терапия. 2003. № 4. С. 4–21.
4. Dolganov DV. [Criteria of motion pathology of the spine in postural orthostatic activity]. Ilizarov's Readings. Proceedings of the Conference, Kurgan, 2011: 402–403. In Russian.
5. Dolganov DV. [The role of lateral asymmetries in topographical manifestation of spine deformity associated with leg discrepancy]. Proceedings of the Russian Congress of ASAMI, Kurgan, 2009:52–53. In Russian.
6. Dolganov DV, Dolganova TI, Yugay AE. [Biomechanical disturbance of muscle function conditions as a criterion of functional disorder severity]. Proceedings of the 2nd All-Russian Conference on Biomechanics in memoriam of N.A. Bernstein, Nizhny Novgorod, 1994: 107–108. In Russian.
7. Dolganov DV, Menshchikova IA, Yershov EV. [Topographic control of spinal deformity correction in patients with unilateral shortening of the lower limb]. Hir Pozvonoc. 2010;(3):42–47. In Russian.
8. Dolganova TI, Dolganov DV, Menshchikova TI, et al. [Diagnostic value of midline deviation of the path of centre of pressure projection in children and adolescents during walking]. Russian Journal of Biomechanics. 2011;(2):91–99. In Russian.
9. Ivaniचेv GA. [Manual Medicine]. Moscow, 1998. In Russian.
10. Kazmin AI, Kon II, Belenky VE. [Scoliosis]. Moscow, 1981. In Russian.
11. Kapandzhi AI. [Spine: Physiology of Joints]. Moscow, 2009. In Russian.
12. Sarnadsky VN. [Computer optical topography: variability of results in patients with scoliosis examined in a natural pose]. Hir Pozvonoc. 2010;(4):74–85. In Russian.
13. Sarnadsky VN. [Formalized topographic diagnosis based on screening examination of patients in 4 poses]. Proceedings of the 2nd All-Russian Scientific and



Practical Conference with international participation, Moscow, 2008:153–156. In Russian.

14. Sarnadsky VN, Fomichev NG, Sadovoy MA. [Monitoring of Spinal Deformities Using Computer Optical Topography]. Novosibirsk, 2001. In Russian.
15. Sitel AB, Skoromets AA, Goydenko VS, et al. [Manual therapy, diagnosis and treatment of locomotor system disorders]. The Manual Therapy Journal. 2003;(4): 4–21. In Russian.

#### Адрес для переписки:

Долганов Дмитрий Владимирович  
640014, Курган, ул. Марии Ульяновой, 6,  
RMPOrmpo58@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 31.10.2011

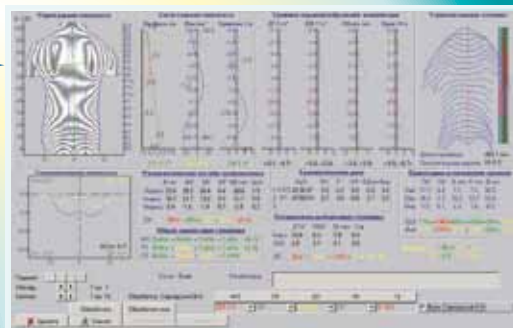
А.В. Губин, д-р мед. наук; Д.В. Долганов, канд. биол. наук, Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова, Курган.

A.V. Gubin, MD, DMSc; D.V. Dolganov, PhD in Biology, Federal State Institutiton Russian Ilizarov Scientific Center «Restorative Traumatology and Orthopaedics» of the RF Ministry of Healthcare, Kurgan.



**МЕТОС**  
www.metos.org

## КОМПЬЮТЕРНЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ ТОПОГРАФ ТОДП ДИАГНОСТИКА ДЕФОРМАЦИИ ПОЗВОНОЧНИКА БЕЗ РЕНТГЕНА



Лауреат Международной премии  
“ПРОФЕССИЯ – ЖИЗНЬ” в номинации  
“За достижения в области науки  
и технологии медицины”



**Обеспечивает** бесконтактное обследование пациентов с восстановлением трехмерной модели поверхности туловища с получением количественных оценок состояния осанки и формы позвоночника в трех плоскостях.

**Предназначен** для скрининг-диагностики детей и подростков, мониторинга состояния и оценки эффективности лечения больных с патологией позвоночника.

**Отличается** абсолютной безвредностью, большой пропускной способностью, полной автоматизацией, высокой точностью восстановления рельефа, информативностью и наглядностью, наличием оценки сколиотических дуг топографическим аналогом угла по Cobb.

### 17 ЛЕТ КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ – 240 СИСТЕМ ТОДП ПО РОССИИ

Медицинское изделие ТОДП выпускается по лицензии Федеральной службы по надзору в сфере здравоохранения и социального развития № 99-03-000002. Сертификат соответствия № РОСС RU.АЯ79.В02777.

630091, Новосибирск, ул. Крылова, 31, офис 54 ООО “МЕТОС” тел. (383) 325-41-50, <http://www.metos.org>, e-mail: [metos.org@gmail.com](mailto:metos.org@gmail.com)